

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-163716

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 10-338881

(71)Applicant : NEC CORP

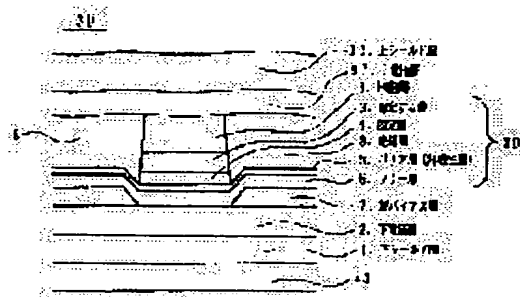
(22)Date of filing : 30.11.1998

(72)Inventor : HAYASHI KAZUHIKO
 OHASHI HIROYUKI
 ISHIWATA NOBUYUKI
 NAKADA MASABUMI
 ISHI TSUTOMU
 HONJO HIROAKI
 ISHIHARA KUNIHICO
 FUJIKATA JUNICHI
 MATSUDERA HISAO
 TSUGE HISANAO
 KAMIJO ATSUSHI

(54) FERROMAGNETIC TUNNEL JOINED ELEMENT, REPRODUCTION HEAD AND RECORDING AND REPRODUCING SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a ferromagnetic tunnel joined head that enhances yield examined from reproduction output in a ferromagnetic tunnel head.
 SOLUTION: In a shield type magnetoresistance effect element using a tunnel joined element consisting essentially of a free layer 6, a barrier layer 5 and a fixed layer 4 as a magnetoresistance effect element, the uppermost and lowest layers of the tunnel joined element are made different from each other in pattern shape and the pattern area of the uppermost layer is made smaller. In order to form the layers, an element working step in the patterning of a tunnel joined film part is finished before the lowest layer of the tunnel joined film is completely patterned.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.11.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 17.07.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-163716

(P2000-163716A)

(43)公開日 平成12年6月16日(2000.6.16)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テーマコード(参考)

G11B 5/39

G11B 5/39

5D034

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平10-338881

(22)出願日 平成10年11月30日(1998.11.30)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 林 一彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 大橋 啓之

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100070530

弁理士 畑 泰之

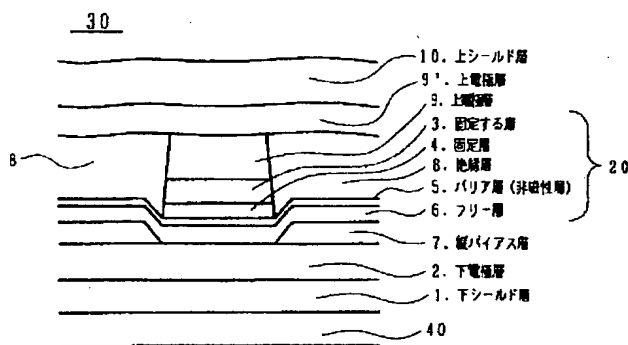
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 強磁性トンネル接合素子、再生ヘッド、および記録再生システム

(57)【要約】

【課題】 強磁性トンネルヘッドにおいて、再生出力面からみた歩留まりを向上させる強磁性トンネル接合ヘッドを提供する。

【解決手段】 磁気抵抗効果素子としてフリー層／バリア層／固定層を基本構成とするトンネル接合素子を用いたシールド型磁気抵抗効果素子において、トンネル接合素子を構成する層のうち最上層と最下層とでパターン形状が異なり、そのパターンの面積が最上層の方が小さいようにする。トンネル接合膜部をパターン化する際の素子加工工程を、トンネル接合膜を構成する各層のうち最下部までは行わないことによる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくともフリー層、バリア層、固定層の各層が積層されて形成された積層体を基本構成とするトンネル接合膜を用いたシールド型強磁性トンネル接合素子において、当該トンネル接合膜を構成する層のうち最上層と最下層とでパターン形状が異なる事の特徴とする強磁性トンネル接合素子。

【請求項 2】 当該トンネル接合膜を構成する層の当該パターン形状が、当該各層のパターンの面積に関し、基板から見て、最上層を構成する層のパターン面積が他の層を構成する各層のパターンの面積よりも小さいことを特徴とする請求項 1 記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項 3】 当該トンネル接合膜は、フリー層、バリア層、固定層の各層が基板表面からみてフリー層／バリア層／固定層の順若しくはその反対の順で積層されている事の特徴とする請求項 1 又は 2 記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項 4】 当該トンネル接合膜を構成する各層の内、当該基板から見て、最上層の部分のみに対して、パターン化に伴う素子加工処理が実行されたものである事を特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項 5】 当該トンネル接合膜を構成する各層の内、当該基板から見て、最上層の部分及び当該バリア層の少なくとも一部のみに対して、パターン化に伴う素子加工処理が実行されたものである事を特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項 6】 当該トンネル接合膜を構成する各層の内、当該基板から見て、最上層の部分及び当該バリア層の部分のみに対して、パターン化に伴う素子加工処理が実行されたものである事を特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項 7】 当該素子加工処理はミリング処理工程である事を特徴とする請求項 4 乃至 6 の何れかに記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項 8】 磁気抵抗効果膜としてフリー層／バリア層／固定層を基本構成とするトンネル接合膜を用いたシールド型強磁性トンネル接合素子において、トンネル接合膜部をパターン化する際の素子加工処理を、トンネル接合膜を構成する各層のうち最下部の層までは行わないことを特徴とする、強磁性トンネル接合素子の製造方法。

【請求項 9】 磁気抵抗効果膜としてフリー層／バリア層／固定層を基本構成とするトンネル接合膜を用いたシールド型強磁性トンネル接合素子において、トンネル接合膜部をパターン化する際の素子加工処理を、バリア層の最上部の層から実行し、中層部若しくは最下層のうちのいずれの層でかで当該処理操作を止めることを特徴とする、請求項 8 記載の強磁性トンネル接合素子の製造方法。

【請求項 10】 当該素子加工処理を停止する際の当該層に於ける停止部位は、当該層の高さ方向の任意の位置である事を特徴とする請求項 9 記載の強磁性トンネル接合素子の製造方法。

【請求項 11】 磁気抵抗効果膜としてフリー層／バリア層／固定層を基本構成とするトンネル接合膜を用いたシールド型強磁性トンネル接合素子において、トンネル接合膜部をパターン化する際の素子加工処理を、バリア層に隣接しその下部に位置する層の最上部から最下部のうちのいずれかで止めることを特徴とする請求項 8 乃至 10 の何れかに記載の強磁性トンネル接合素子の製造方法。

【請求項 12】 当該固定層に強磁性層／非磁性層／強磁性層の 3 層膜を基本構成とする膜を用いることを特徴とする請求項 8 乃至 11 の何れかに記載の強磁性トンネル接合素子の製造方法。

【請求項 13】 請求項 1 乃至 7 の何れかに記載の磁気抵抗効果センサと、磁気抵抗センサを通る電流を生じる手段と、検出される磁界の関数として上記磁気抵抗センサの抵抗率変化を検出する手段とを備えた磁気抵抗検出システム。

【請求項 14】 データ記録のための複数個のトラックを有する磁気記憶媒体と、磁気記憶媒体上にデータを記憶させるための磁気記録システムと、請求項 13 記載の磁気抵抗検出システムと、磁気記録システムおよび磁気抵抗検出システムを前記磁気記憶媒体の選択されたトラックへ移動させるために、磁気記録システム及び磁気抵抗変換システムとに結合されたアクチュエータ手段とからなる磁気記憶システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は磁気媒体に記録した情報信号を読み取るための磁気センサに関するものであり、特に、強磁性トンネル接合素子の構成及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来技術では、磁気抵抗 (MR) センサまたはヘッドと呼ばれる磁気読み取り変換器が開示されており、これは、大きな線形密度で磁性表面からデータを読み取れることがわかっている。MR センサは、読み取り素子によって感知される磁束の強さと方向の関数としての抵抗変化を介して磁界信号を検出する。こうした従来技術の MR センサは、読み取り素子の抵抗の 1 成分が磁化方向と素子中を流れる感知電流の方向の間の角度の余弦の 2 乗に比例して変化する、異方性磁気抵抗 (AMR) 効果に基づいて動作する。

【0003】 AMR 効果のより詳しい説明は、D. A. トムプソン (Thompson) 等の論文 "Memory, Storage, and Related Applications" IEEE Trans. on Mag. MAG-11, p. 1039 (1975) に出ている。AMR 効果を

用いた磁気ヘッドではバルクハウゼンノイズを押えるために縦バイアスを印加することが多いが、この縦バイアス印加材料として、FeMn、NiMn、ニッケル酸化物などの反強磁性材料を用いる場合がある。

【0004】さらに最近には、積層磁気センサの抵抗変化が、非磁性層を介する磁性層間での電導電子のスピン依存性伝送、及びそれに付随する層界面でのスピン依存性散乱に帰される、より顕著な磁気抵抗効果が記載されている。この磁気抵抗効果は、「巨大磁気抵抗効果」や「スピン・バルブ効果」など様々な名称で呼ばれている。このような磁気抵抗センサは適当な材料で出来ており、AMR効果を利用するセンサで観察されるよりも、感度が改善され、抵抗変化が大きい。

【0005】この種のMRセンサでは、非磁性層で分離された1対の強磁性体層の間の平面内抵抗が、2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化する。1988年6月に優先権主張されている特開平2-61572には、磁性層内の磁化の反平行整列によって生じる高いMR変化をもたらす積層磁性構造が記載されている。

【0006】積層構造で使用可能な材料として、上記明細書には強磁性の遷移金属及び合金が挙げられている。また、中間層により分離している少なくとも2層の強磁性層の一方に固定する層を付加した構造および固定する層としてFeMnが適当であることが開示されている。又、1990年12月11日に優先権主張されている、特開平4-358310には、非磁性金属体の薄膜層によって仕切られた強磁性体の2層の薄膜層を有し、印加磁界が零である場合に2つの強磁性薄膜層の磁化方向が直交し、2つの非結合強磁性体層間の抵抗が2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化する、センサ中を通る電流の方向とは独立な、MRセンサが開示されている。

【0007】一方、1990年8月22日に出願されている、特開平4-103014号公報には、強磁性に他の中間層を挿入して多層膜とした強磁性トンネル接合素子において、少なくとも一層の強磁性層に反強磁性体からのバイアス磁界が印加されていることを特徴とする強磁性トンネル効果膜についての記載がある。強磁性トンネル接合を用いた再生ヘッドにおいて、フリー層の磁区を制御する層（縦バイアス層）がフリー層に接触しない構造については、1996年11月27日に優先権主張されている、特開平10-162327号公報に記述がある。

【0008】又、強磁性トンネル接合を用いた再生ヘッドにおいて、強磁性トンネル接合膜を構成する層のうち、最上層から最下層まですべての層をパターン化した構造については、1996年11月27日に優先権主張されている、特開平10-162327号公報に記述がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図6は、特開平10-162327号公報に記載されている従来の強磁性トンネルヘッドの構造概念図である。図6から理解される通り、当該従来の強磁性トンネルヘッドに於いては、最上層から最下層まですべての層がパターン化された強磁性トンネル接合膜に対し、絶縁層を介して縦バイアス層が配置されている様子が書かれている。

【0010】ところが、強磁性トンネル接合膜をミリングによりパターン化した場合に、図6に示されたようにすべての層をパターン化すると、強磁性トンネル接合膜を構成する各層のうち、バリア層より下部に位置する層をミリングする際に発生する再付着がバリア層をまたがる可能性が増大する。バリア層は絶縁層であり抵抗値が高いため、抵抗の小さな金属でできたバリの存在により、フリー層と固定層とが短絡してしまう可能性がある。

【0011】短絡すると電流はバリア層をほとんど流れなくなるので、抵抗変化率がまったく生じないか、きわめて小さな値となる。実際にはバリの出来方により、たまたま短絡するサンプルとしないサンプルとが生じ、歩留まりの悪さという形で現れる。従って、上記ミリング処理するに当たっては、当該バリア層の下層に配置されているフリー層若しくは固定層の何れかから発生する当該金属の屑、塵等を出来るだけ抑制する必要があった。

【0012】その他、特開平10-103014号公報及び特開平10-162326号公報には、縦バイアス層を使用した強磁性トンネル接合素子の構成に関して開示されているが、当該強磁性トンネル接合素子に於けるバリア層の使用とその絶縁方法に関しては記載がなく、又特開平9-16918号公報には、同様に縦バイアス層を使用した強磁性トンネル接合素子の構成に関して開示されているが、バリア層の使用に関して開示も示唆もなく、ましてバリア層の絶縁方法に関しては記載は全く見られない。

【0013】従って、本発明の目的は、上記した従来技術の欠点を改良し、従来例の磁気抵抗効果素子と比較して再生信号出力面から見た歩留まりが飛躍的に優れた磁気抵抗効果センサ、磁気抵抗効果ヘッド、および記録再生システムを得ることである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は上記した目的を達成する為、以下に示す様な基本的な技術構成を採用するものである。即ち、本発明に於ける第1の態様としては、少なくともフリー層、バリア層、固定層の各層が積層されて形成された積層体を基本構成とするトンネル接合膜を用いたシールド型強磁性トンネル接合素子において、当該トンネル接合膜を構成する層のうち最上層と最下層とでパターン形状が異なる様に構成された強磁性トンネル接合素子であり、又本発明に係る第2の態様としては、磁気抵抗効果膜としてフリー層／バリア層／固定

層を基本構成とするトンネル接合膜を用いたシールド型強磁性トンネル接合素子において、トンネル接合膜部をパターン化する際の素子加工処理を、トンネル接合膜を構成する各層のうち最下部の層までは行わない様に構成された強磁性トンネル接合素子の製造方法である。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明に係る当該強磁性トンネル接合素子は、上記した様な技術構成を採用しているの
で、磁気抵抗効果素子としてフリー層／バリア層／固定層を基本構成とするトンネル接合素子を用いたシールド型磁気抵抗効果素子において、トンネル接合素子を構成する層のうち最上層と最下層とでパターン形状が異なり、そのパターンの面積が最上層の方が小さいようにするものである。

【0016】このような構成の強磁性トンネル接合素子においては、素子形成の際に行われるミリングが必然的に素子パターン化の途中で中止され、その分だけバリア層のミリングを終了してから、さらにその下部層をミリングする量が少なくできる。バリの生成量及びバリの形成によるフリー層と固定層との短絡の発生確率は、ミリング量と正の相関関係があるから、ミリング量を少なくするほどバリの形成量を少なく押さえることができる。

【0017】当該ミリングをバリア層の手前でやめるか、バリア層をミリングし終わったところでやめれば、再付着によるバリの発生は完全に防止することができる。バリア層のミリングが終了して、バリア層の下部に位置する層をミリングすることになっても、そのミリング量が少なければバリの発生は少なく押さえることができる。

【0018】

【実施例】以下に、本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドの具体例の構成を図面を参照しながら詳細に説明する。即ち、図1は、本発明に係る当該磁気抵抗効果ヘッドの基本的な構成の概略を示す断面図であって、図中、少なくともフリー層6、バリア層5、固定層4の各層が積層されて形成された積層体を基本構成とするトンネル接合膜を用いたシールド型強磁性トンネル接合素子20において、当該トンネル接合膜20を構成する層のうち最上層と最下層とでパターン形状が異なる強磁性トンネル接合素子30が示されている。

【0019】以下に、本発明に係る当該強磁性トンネル接合素子30の具体例についてその構成及び製造方法の概略に関して図面を参照しながら詳細に説明する。即ち、図1は、本発明に係る当該強磁性トンネル接合素子30の第1の具体例の構成を示すものであり、当該トンネル接合膜20を構成する層の当該パターン形状が、当該各層のパターンの面積に関し、基板から見て、最上層を構成する層のパターン面積が他の層を構成する各層のパターンの面積よりも小さい様に構成する事が望ましい。

【0020】更に、本具体例に於いては、当該強磁性トンネル接合膜20は、フリー層6、バリア層5、及び固定層4の各層が基板表面からみてフリー層／バリア層／固定層の順若しくはその反対の順で積層されている事が望ましい。此处で、本発明に係る第1の具体例に於ける強磁性トンネル接合素子30の構成をより詳細に説明するならば、図1に示す様に、シールド型センサ部をAB面に平行に切った時の断面の概念図を示す。

【0021】この構成では、基板40上に下シールド1および下電極層2が積層される。その上にフリー層6およびバリア層5が積層される。バリア層5上の左右の縦バイアス層7の間の部分に、固定層4／固定する層3／上電極9が積層されこれらは図1のようにパターン化される。パターン化された固定層4／固定する層3／上電極9の左右には絶縁層が配置される。

【0022】本具体例に於ける当該パターン化に際する素子加工処理、即ちミリング処理は、当該固定する層3及び固定層4の全てをミリング処理したものであり、当該バリア層4及びフリー層6には、当該処理を実行していない。従って、当該強磁性トンネル接合膜20はやや台形の形状を呈し、かつ当該バリア層5が全面に存在する事によって、当該固定層4と当該フリー層6とが接触する恐れは全くない。

【0023】本具体例では、さらにその上に上電極9および上シールド層10が積層される。下地層／固定する層3／固定層4／バリア層5／フリー層6の部分が強磁性トンネル接合膜である。この構造では、仮に図中の上電極から下電極へ電流を流したとすると、電流は上電極9から固定する層3、固定層4、バリア層5、フリー層6を通過し、下電極層2へと流れる。

【0024】この際、縦バイアス層7は電流の流れ方に関与することはない。また、縦バイアス層7はフリー層6に直接接触しているの、その縦バイアスはフリー層6に十分印加されることになる。したがって、この構造を用いることにより、強磁性トンネル接合部をセンス電流がきちんと流れることと、フリー層に縦バイアスをきちんと印加することを両立することができる。

【0025】本具体例では、下シールド1上に下電極2を積層し、上電極9上に上シールド10を積層した構造について述べたが、下シールド1と下電極2との間、または上電極9と上シールド10との間にギャップ層として絶縁層を配置することも可能である。また、下シールド1と下電極2、上電極9と上シールド10を兼用にすることもできる。更には、下電極層2とフリー層6との間には下地層を、固定する層3を構成する反強磁性層と上電極層9との間には上部層を設けることもできる。

【0026】本発明に於ける当該トンネル接合膜を構成する各層の内、当該基板から見て、最上層の部分のみに対して、パターン化に伴う素子加工処理が実行されたものであっても良く、より具体的には、当該トンネル接合

膜を構成する各層の内、当該基板 40 から見て、最上層の部分及び当該バリア層 5 の少なくとも一部のみに対して、パターン化に伴う素子加工処理が実行されたものである事が望ましい。

【0027】係る素子加工処理の他の具体例としては、例えば、当該トンネル接合膜を構成する各層の内、当該基板 40 から見て、最上層の部分及び当該バリア層の部分のみに対して、パターン化に伴う素子加工処理が実行されたものである事も望ましい。上記の当該素子加工処理はミリング処理工程である事が望ましい。

【0028】次に、本発明に係る強磁性トンネル接合素子の第 2 の具体例について図 2 を参照しながら説明する。即ち、本発明に於ける第 2 の具体例の構成としては、図 2 に示すシールド型センサ部を A B S 面に平行に切った時の断面に示す様に、この構成では、基板 40 体上に下シールド 1、下電極層 2、およびフリー層 6 が積層される。

【0029】そして、その上に図のようにパターン化された縦バイアス層 7 が積層されると共に、フリー層 6 上の左右の縦バイアス層 7 の間の部分に、バリア層 5 / 固定層 4 / 固定する層 3 / 上電極層 9 が積層され、最後にこれらの各層は同時に、図のようにパターン化される。本具体例に於ける当該パターン化に際する素子加工処理、即ちミリング処理は、当該固定する層 3 及び固定層 4 及びバリア層 5 の全てをミリング処理したものであるが、当該フリー層 6 は全くミリング処理を実行していない。

【0030】従って、当該強磁性トンネル接合膜 20 は略垂直状の側壁を有する構成となるが、当該フリー層が左右に拡幅されて形成されているので、当該強磁性トンネル接合膜 20 の最上部層と最下部層のパターンは異なっている事は明らかである。又、本具体例に於いては、当該フリー層 6 は、全くミリング処理を受けないので、当該フリー層 6 から導電性の屑や塵埃等が発生して当該バリア層 5 に付着する恐れは全くない。

【0031】本具体例に於いても、図示していない下地層を含み、固定する層 3 / 固定層 4 / バリア層 5 / フリー層 6 の部分が強磁性トンネル接合膜である。この構造では、仮に図中の上電極から下電極へ電流を流したとすると、電流は上電極 9 から固定する層 3、固定層 4、バリア層 5、フリー層 6 を通過し、下電極層 2 へと流れる。

【0032】この際、縦バイアス層 7 は電流の流れ方に関与することはない。また、縦バイアス層 7 はフリー層 6 上に直接積層されているので、その縦バイアスはフリー層に十分印加されることになる。したがって、この構造を用いることにより、強磁性トンネル接合部をセンス電流がきちんと流れることと、フリー層に縦バイアスをきちんと印加することを両立することができる。

【0033】ここでは、下シールド上に下電極を積層し

た構造について述べたが、下シールドと下電極との間に下ギャップ層として絶縁層を配置することも可能である。また、下シールドと下電極を兼用にすることもできる。下電極層とフリー層との間には下地層を設けることもできる。次に、本発明に係る強磁性トンネル接合素子の第 3 の具体例について図 3 を参照しながら説明する。

【0034】即ち、本発明に於ける第 3 の具体例の構成としては、図 3 に示すシールド型センサ部を A B S 面に平行に切った時の断面で示す様に、この構成では、基板 40 上に下シールド 1、下電極 2、固定する層である反強磁性層 3、固定層 4 およびバリア層 5 が順次積層される。その上に図 3 に示す様にパターン化されたフリー層 6 を積層する。フリー層 6 の左右には絶縁層 8 および縦バイアス層 7 がその端部がフリー層 6 に接するように配置されている。

【0035】さらにその上部には上電極層 9 および上シールド層 10 が積層される。図示されていないが、必要な場合に使用される下地層の上に形成される当該固定する層 3 / 固定層 4 / バリア層 5 / フリー層 6 の部分が強磁性トンネル接合膜 20 である。この構造では、仮に図中の上電極から下電極へ電流を流したとすると、電流は上電極からフリー層 6、バリア層 5、固定層 4、固定する層 3 を順次通過し、下電極層 2 へと流れる。

【0036】この際、縦バイアス層 7 は絶縁層 8 およびバリア層 5 により固定層 4 以下の層と電気的に絶縁されているので、電流の流れ方に関与することはない。また、縦バイアス層はフリー層に接しているため、その縦バイアスはフリー層に十分印加されることになる。したがって、この構造を用いることにより、強磁性トンネル接合部をセンス電流がきちんと流れることと、フリー層に縦バイアスをきちんと印加することを両立することができる。

【0037】本具体例では、下シールド上に下電極を積層し、上電極上に上シールドを積層した構造について述べたが、下シールドと下電極との間、または上電極と上シールドとの間に下ギャップ層として絶縁層を配置することも可能である。また、下シールドと下電極、上電極と上シールドを兼用にすることもできる。更に、下電極層とフリー層との間には下地層を、反強磁性層と上電極層との間には上部層を設けることもできる。また、本具体例に於いては強磁性トンネル接合膜のうちフリー層のみをパターン化した場合について示したが、少なくともフリー層がパターン化されていればよく、それ以下の部分はどこまでパターン化するかは適宜選択することができる。

【0038】つまり、本具体例に於いては、当該フリー層 6 のみに対して、素子加工処理であるミリング処理を実行するものであり、当該バリア層 5 及び当該固定層 4 は、ミリング処理を行わないので、当該フリー層 6 と当該固定層 4 とが、導電性の屑や塵埃等が発生して当該バ

リア層 5 に付着する恐れは全くない。又、本具体例に於いては、当該フリー層 6 がパターン化の為のミリング処理を受けており当該バリア層 5 と固定層 4 とは当該ミリング処理を受けていないので、最上層のフリー層 6 のパターン形状は、中間層のバリア層 5 及び最下層の固定層 4 のパターン形状とは異なっていることは明らかである。

【0039】本具体例に於いては、場合によっては、当該フリー層 6 の層全体に亘って当該ミリング処理を行っても良く、又当該フリー層 6 の最上表面から所定の深さだけミリング処理を実行する様にしても良い。又、当該バリア層 5 の一部を削る様にミリング処理を更に追加しても良い。次に、本発明に係る強磁性トンネル接合素子の第 4 の具体例について図 4 を参照しながら説明する。

【0040】即ち、本発明に於ける第 4 の具体例の構成としては、図 4 に示すシールド型センサ部を ABS 面に平行に切った時の断面で示す様に、この構成では、基板 40 上に下シールド 1、下電極 2、固定する層を形成する反強磁性層 3、固定層 4 およびバリア層 5 が順次積層される。その上に図 4 のようにパターン化されたフリー層 6 を積層する。当該フリー層 6 の左右には酸化物縦バイアス層 7 がその端部がフリー層 6 に接するように配置されている。

【0041】さらにその上部には上電極層 9 および上シールド層 10 が積層される。図示されていないが必要な場合に使用される下地層の上に形成される当該固定する層 3 / 固定層 4 / バリア層 5 / フリー層 6 の部分が強磁性トンネル接合膜 20 である。この構造では、仮に図中の上電極から下電極へ電流を流したとすると、電流は上電極 9 からフリー層 6、バリア層 5、固定層 4、固定する層 3 を順次通過し、下電極層 2 へと流れる。

【0042】この際、酸化物縦バイアス層 7 は絶縁層なので、電流の流れ方に関与することはない。また、縦バイアス層 7 はフリー層 6 に接しているので、その縦バイアスはフリー層に十分印加されることになる。したがって、この構造を用いることにより、強磁性トンネル接合部をセンス電流がきちんと流れることと、フリー層 6 に縦バイアスをきちんと印加することを両立することができる。

【0043】本具体例に於いては、下シールド 1 上に下電極 2 を積層し、上電極 9 上に上シールド 10 を積層した構造について述べたが、下シールドと下電極との間、または上電極と上シールドとの間に下ギャップ層として絶縁層を配置することも可能である。また、下シールドと下電極、上電極と上シールドを兼用にすることもできる。

【0044】更に本具体例に於いては、下電極層 2 とフリー層 6 との間には下地層を、反強磁性層であるフリー層 6 と上電極層 9 との間には上部層を設けることもでき

る。又、本具体例に於いては、当該フリー層 6 がパターン化の為のミリング処理を受けており当該バリア層 5 と固定層 4 とは当該ミリング処理を受けていないので、最上層のフリー層 6 のパターン形状は、中間層のバリア層 5 及び最下層の固定層 4 のパターン形状とは異なっていることは明らかである。

【0045】更に本具体例に於いては、強磁性トンネル接合膜 20 のうちフリー層 6 のみをパターン化した場合について示したが、少なくともフリー層がパターン化されていればよく、それ以下の部分はどこまでパターン化するかは適宜選択することができる。次に、本発明に係る強磁性トンネル接合素子の第 5 の具体例について図 5 を参照しながら説明する。

【0046】即ち、本発明に於ける第 5 の具体例の構成としては、図 5 に示すシールド型センサ部を ABS 面に平行に切った時の断面で示す様に、この構成では、基板 40 上に下シールド 1、下電極 2、固定する層 3、固定層 4 およびバリア層 5 が順次積層される。その上に図 5 に示す様に、パターン化されたフリー層 6 / 界面制御層 11 / 縦バイアス層 7 を積層する。当該縦バイアスは界面制御層 11 により、印加される大きさがコントロールされた後に、フリー層 6 に印加される。

【0047】フリー層 6 の左右には絶縁層 8 が配置されている。さらにその上部には上電極層 9 および上シールド層 10 が積層される。図示されていないが必要な場合に使用される下地層の上に形成される当該固定する層 3 / 固定層 4 / バリア層 5 / フリー層 6 の部分が強磁性トンネル接合膜 20 である。

【0048】本具体例に於いては、仮に図中の上電極 9 から下電極 2 へ電流を流したとすると、電流は上電極 9 から縦バイアス層 7、界面制御層 11、フリー層 6、バリア層 5、固定層 4、固定する層 3 を順次通過し、下電極層 2 へと流れる。この際、縦バイアス層 7 は絶縁層なので、電流の流れ方に関与することはない。また、縦バイアス層 7 は界面制御層 11 を介してフリー層 6 に接しており、当該界面制御層 11 は磁界の大きさを制御する機能を有するが、電気的には導電性を有しているので、その縦バイアスはフリー層 6 に十分印加されることになる。

【0049】従って、本具体例に係る当該構造を用いることにより、強磁性トンネル接合部をセンス電流がきちんと流れることと、フリー層に縦バイアスをきちんと印加することを両立することができる。本具体例に於いては、下シールド 1 上に下電極 2 を積層し、上電極 9 上に上シールド 10 を積層した構造について述べたが、下シールドと下電極との間、または上電極と上シールドとの間に下ギャップ層として絶縁層を配置することも可能である。

【0050】また、下シールドと下電極、上電極と上シールドを兼用にすることもできる。下電極層とフリー層

との間には下地層を、反強磁性層と上電極層との間には上部層を設けることもできる。縦バイアス材料に適当な材料を選べば、界面制御層を省略することもできる。

又、本具体例に於いては、当該縦バイアス層 7、界面制御層 11 及びフリー層 6 がパターン化の為のミリング処理を受けており当該バリア層 5 と固定層 4 とは当該ミリング処理を受けていないので、最上層の縦バイアス層 7 のパターン形状は、当該バリア層 5 及び最下層の固定層 4 のパターン形状とは異なっていることは明らかである。

【0051】また、ここでは強磁性トンネル接合膜のうち縦バイアス層 7、界面制御層 11 及びフリー層 6 をパターン化した場合について示したが、少なくともフリー層はその少なくとも一部がミリング処理されているもので有っても良い。又、当該バリア層 5 の一部がミリング処理されていても良い。本発明に係る強磁性トンネル接合素子 20 の代表的な構成を図 1 から図 5 に示したが、それぞれの強磁性トンネル接合素子 20 の代表的な素子平面概念図の一例を、図 7 から図 11 にそれぞれ示しておく。

【0052】ここでは、縦バイアス形状として上から見て長方形のものを示したが、実際には種々の形状のものをを用いることができる。即ち、図 11～図 17 の平面図は、本発明に係る当該磁気抵抗効果ヘッドを上部から見た平面図であって、部分的にそれぞれの積層構造が異なっている事を示している。

【0053】例えば、図 7 に於ける区域 A の部分は、シールド層 10 の下に直接下電極層部が配置されている事を示し、又区域 B は、表面に絶縁層 8 が存在し、その下に非磁性層、つまりバリア層 5、フリー層 6 下電極 2 及び下シールド層 1 がこの順に堆積せしめられている事を意味しているものである。同様に、区域 C に於いては、最表面が上シールド層 10 で構成されていると同時にその下に上電極層 9、絶縁層 8、バリア層 5、フリー層 6、縦バイアス層 7、下電極 2 及び下シールド層 1 がこの順に堆積せしめられている事を意味しているものである。

【0054】又、区域 D は、最表面が上シールド層 10 で構成されていると同時にその下に上電極層 9、固定する層 3、固定層 4、バリア層 5、フリー層 6、下電極 2 及び下シールド層 1 がこの順に堆積せしめられている事を意味しているものである。更に、区域 E に於いては、最表面が上シールド層 10 で構成されていると同時にその下に上電極層 9、絶縁層 8、非磁性層からなるバリア層 5、フリー層 6、下電極 2 及び下シールド層 1 がこの順に堆積せしめられている事を意味しているものである。

【0055】又、区域 F に於いては、最表面が上シールド層 10 で構成されていると同時にその下に上電極層 9、絶縁層 8、非磁性層からなるバリア層 5、フリー層

6、下電極 2 及び下シールド層 1 がこの順に堆積せしめられている事を意味しているものである。以下図 8～図 11 のそれぞれのヘッドの構造に関する平面図も同様の構成を説明するものであって、各具体例に於てそれぞれ構成が異なっているが、その構成の内容は、各図の説明を参照されたい。

【0056】本発明に係る強磁性トンネル接合素子 20 の製造方法としては、基本的には、磁気抵抗効果膜としてフリー層／バリア層／固定層を基本構成とするトンネル接合膜を用いたシールド型強磁性トンネル接合素子において、トンネル接合膜部をパターン化する際の素子加工処理を、トンネル接合膜を構成する各層のうち最下部の層までは行わない様に構成されている強磁性トンネル接合素子の製造方法であり、より具体的には、磁気抵抗効果膜としてフリー層／バリア層／固定層を基本構成とするトンネル接合膜を用いたシールド型強磁性トンネル接合素子において、トンネル接合膜部をパターン化する際の素子加工処理を、バリア層の最上部の層から実行し、中層部若しくは最下層のうちのいずれの層でかで当該処理操作を止める様に構成されている強磁性トンネル接合素子の製造方法である。

【0057】本発明に於ける当該強磁性トンネル接合素子の製造方法に於いては、当該素子加工処理を停止する際の当該層に於ける停止部位は、当該層の高さ方向の任意の位置である事を特徴として挙げており、更には、磁気抵抗効果膜としてフリー層 6／バリア層 5／固定層 4 を基本構成とするトンネル接合膜 20 を用いたシールド型強磁性トンネル接合素子において、トンネル接合膜部をパターン化する際の素子加工処理を、バリア層 5 に隣接しその下部に位置する層の最上部から最下部のうちのいずれかで止める様に構成されている強磁性トンネル接合素子の製造方法である。

【0058】本発明に於ける当該強磁性トンネル接合素子の製造方法に於いては、当該固定層に強磁性層／非磁性層／強磁性層の 3 層膜を基本構成とする膜を用いることと望ましい。本発明に係る他の具体的な態様としては、例えば、上記した各構成により形成される磁気抵抗効果センサと、磁気抵抗センサを通る電流を生じる手段と、検出される磁界の関数として上記磁気抵抗センサの抵抗率変化を検出する手段とを備えた磁気抵抗検出システムである。

【0059】更に、本発明に於ける別の態様としては、データ記録のための複数個のトラックを有する磁気記憶媒体と、磁気記憶媒体上にデータを記憶させるための磁気記録システムと、上記した磁気抵抗検出システムと、磁気記録システムおよび磁気抵抗検出システムを前記磁気記憶媒体の選択されたトラックへ移動させるために、磁気記録システム及び磁気抵抗変換システムとに結合されたアクチュエータ手段とからなる磁気記憶システムである。

【0060】以下にそれぞれの構造の詳細、および作成手順の代表的な例について記述する。また、記録再生ヘッドへの適用例についても記述する。最初に各層を構成する要素の詳細について述べる。各層を構成する要素としては以下の材料が有力な候補となる。

基体

アルチック、SiC、アルミナ、アルチック/アルミナ、SiC/アルミナ

下シールド層

NiFe、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトからなる単体、多層膜、および混合物

下電極

Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Taからなる単体、多層膜、および混合物

界面制御層

Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボン、Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Taからなる単体、多層膜、および混合物

上電極層

Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Taからなる単体、多層膜、および混合物

上シールド層

NiFe、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトからなる単体、多層膜、および混合物

絶縁層

Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボンからなる単体、多層膜、および混合物

下ギャップ層

Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボンからなる単体、多層膜、および混合物

上ギャップ層

Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライクカーボンからなる単体、多層膜、および混合物

上部層

Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Taからなる単体、多層膜、および混合物

縦バイアス

CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、Ni酸化物、NiCo酸化物、Fe酸化物、NiFe酸化物、IrMn、PtMn、PtPdMn、ReMn、Coフェライト、Baフェライトからなる単体、多層膜、および混合物

強磁性トンネル接合膜としては以下の構成のものを用いることができる。

・基体/下地層/フリー層/バリア層/固定層/固定する層/保護層

・基体/下地層/フリー層/第1MRエンハンス層/バリア層/固定層/固定する層/保護層

・基体/下地層/フリー層/バリア層/第2MRエンハンス層/固定層/固定する層/保護層

・基体/下地層/フリー層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/固定層/固定する層/保護層

・基体/下地層/固定する層/固定層/バリア層/フリー層/保護層

・基体/下地層/固定する層/固定層/第1MRエンハンス層/バリア層/フリー層/保護層

・基体/下地層/固定する層/固定層/バリア層/第2MRエンハンス層/フリー層/保護層

・基体/下地層/固定する層/固定層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/フリー層/保護層

下地層としては、金属、酸化物、窒化物からなる単層膜、混合物膜、または多層膜を用いる。具体的には、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、Vおよびこれらの材料の酸化物あるいは窒化物、からなる単層膜、混合物膜、または多層膜を用いる。添加元素として、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、Vを用いることもできる。下地層は用いない場合もある。

【0061】フリー層としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いることができる。

【0062】バリア層としては、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属/酸化物2層膜、金属/窒化物2層膜、金属/(酸化物と窒化物との混合物)2層膜、を用いる。Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、R

e、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物、またはこれらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物との積層膜が有力な候補となる。

【0063】第1および第2MRエンハンス層としてはCo、NiFeCo、FeCo等、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いる。MRエンハンス層を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する工程数は低減する。

【0064】固定層としては、Co、Ni、Feをベースにするグループからなる単体、合金、または積層膜を用いる。Co、Ni、Feをベースにするグループからなる単体、合金、または積層膜と、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vをベースとするグループからなる単体、合金、または積層膜とを、組み合わせた積層膜を用いることも可能である。

【0065】具体的には、Co/Ru/Co、CoFe/Ru/CoFe、CoFeNi/Ru/CoFeNi、Co/Cr/Co、CoFe/Cr/CoFe、CoFeNi/Cr/CoFeNiは有力な候補である。固定する層としては、FeMn、NiMn、IrMn、RhMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、PtCrMn、CrMn、CrAl、TbCo、Ni酸化物、Fe酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物/Co酸化物2層膜、Ni酸化物/Fe酸化物2層膜、CoCr、CoCrPt、CoCrTa、PtCoなどを用いることができる。PtMnもしくはPtMnにTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Taを添加した材料は有力な候補である。

【0066】保護層としては、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属/酸化物2層膜、金属/窒化物2層膜、金属/(酸化物と窒化物との混合物)2層膜、を用いる。Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物、また

はこれらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物との積層膜が有力な候補となる。保護層は用いない場合もある。

【0067】次に、図7から図11に代表例を示した構造の各ヘッドの代表的な作成手順を示す。図12(A)～(I)は、図1に示した強磁性トンネル接合素子20の作成手順の例である。基板40上に下シールド1、下電極2を順次形成する。

【0068】その上にステンシルPRを形成し、縦バイアス層7を成膜した後にリフトオフする。更に、強磁性トンネル接合素子(MTJ)、上電極9を成膜した後に、PRを形成し、バリア層5までミリングした。その後、絶縁層8を成膜し、リフトオフした後に、下電極2が露出するまで絶縁層部を穴あけし、上シールドを形成する。

【0069】一方、図13(A)～(H)は、図2に示した強磁性トンネル接合素子20の作成手順の例である。即ち、基体40上に下シールド1、下電極2、強磁性トンネル接合(MTJ)20、上電極9を順次形成する。その上にステンシルPRを形成し、フリー層6までミリングした後にPR除去をする。

【0070】更に、PRを形成し、縦バイアス層を成膜した後に、リフトオフする。更に、絶縁層を成膜し、ケミカルメカニカルポリッシング(CMP)により絶縁層8を上電極が露出するところまで削る。下電極が露出するまで絶縁層部を穴あけし、上シールドを形成する。一方、図14(A)～(H)は、図3に示した強磁性トンネル接合素子20の作成手順の例である。

【0071】即ち、基体40上に下シールド1、下電極2、強磁性トンネル接合(MTJ)20を順次形成する。その上にステンシルPRを形成し、バリア層5までミリングした後に、絶縁層および縦バイアス層を順次成膜し、リフトオフする。更に、PRを形成し、絶縁層までミリングした後に、PRを除去する。下電極が露出するまで絶縁層部を穴あけし、上シールドを形成する。

【0072】尚、図4に示されている具体例に於ける製造方法は、図3に示された方法と実質的には同一である。又、図15(A)～(F)は、図5に示した強磁性トンネル接合素子20の作成手順の例である。即ち、基体40上に下シールド1、下電極2、強磁性トンネル接合(MTJ)20、界面制御層11、縦バイアス層7を順次形成する。その上にステンシルPRを形成し、バリア層の一部までミリングした後に、絶縁層8を成膜し、リフトオフする。

【0073】又、本具体例に於いては、下電極が露出するまで絶縁層部を穴あけし、上電極及び上シールドを形成する。次に、本発明の記録再生ヘッド及び記録再生シ

ステムへの適用例を示す。図16は本発明を適用した記録再生ヘッド50の概念図である。当該ヘッドは、基体42上に再生ヘッド45と、磁極43、コイル41、上磁極44からなる記録ヘッドとから形成されている。

【0074】この際上部シールド膜と下部磁性膜とを共通にしても、別に設けてもかまわない。このヘッドにより、記録媒体上に信号を書き込み、また、記録媒体から信号を読み取るのである。再生ヘッドの感知部分と、記録ヘッドの磁気ギャップはこのように同一スライダ上に重ねた位置に形成することで、同一トラックに同時に位置決めができる。このヘッドをスライダに加工し、磁気記録再生装置に搭載した。

【0075】図17は本発明の磁気抵抗効果素子を用いた磁気記録再生装置60の概念図である。ヘッドスライダを兼ねる基板52上に、再生ヘッド51および記録ヘッド50を形成し、これを記録媒体53上に位置決めして再生を行う。記録媒体53は回転し、ヘッドスライダは記録媒体53の上を、0.2μm以下の高さ、あるいは接触状態で対抗して相対運動する。この機構により、再生ヘッド51は記録媒体53に記録された磁気的

信号を、その漏れ磁界54から読み取ることで位置に設定されるのである。

【0076】以下に、本発明に係る当該強磁性トンネル接合素子の製造方法を製造条件を含めて詳細に説明する。最初に比較のために、従来例として記載されている図6の構造のヘッドを作成した。この際トンネル接合膜としては、Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Co90Fe10(5)/Ru(0.9)/Co90Fe10(5)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(2nm)/Ni82Fe18/(8)/Ta(3nm)を用いた。

【0077】膜形成後には250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000eの磁界を印加しつつ行った。ヘッドを構成する各要素としては以下のものを用いた。基体…厚さ2mのアルチック上にアルミナを10μm積層したものを使用した。

【0078】下シールド層…厚さ1μmのCo65Ni12Fe23(組成はat%、以下同じ)

下電極層…Ta(5nm)/Au(60nm)/Ta

サンプルNo: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

再生出力(mV): 0 0 0 0 0 0 3.1 0 0 0.4

次に、本発明の実施例として図1に示した構造を基本構成とする構造のヘッドを作成した。

【0083】膜形成後には250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000eの磁界を印加しつつ行った。ヘッドの各構成要素としては以下のものを用いた。トンネル接合膜……Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Co90Fe10(5)/Ru(0.9)/Co90Fe10(5)/Al酸化物

(5nm)

上電極層…Ta(5nm)/Au(60nm)/Ta(5nm)

上シールド層…厚さ1μmのCo89Zr4Ta4Cr3

絶縁層…厚さ20nmのアルミナ

縦バイアス層…Cr(10nm)/Co74.5Cr10.5Pt15(3636nm)

界面制御層…なし

10 下ギャップ層…なし

上ギャップ層…なし

上部層…なし

このヘッドを図16のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は3μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は2μmとした。

【0079】書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層および固定する層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作成終了後に、200℃、5000e磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。

【0080】この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。上記の作成手順において10個のヘッドを作成した。媒体の保磁力は3.0kOe、MrTは0.35memu/cm²とした。試作したヘッドを用いて、再生出力を測定した。10個のヘッドの再生出力測定結果を以下に示す。

【0081】再生出力は3.1mVと大きいものがサンプル数で1個だけあったが、10個のうち9個までは再生出力がほとんどゼロであった。従って、ヘッドとしての歩留まりが10%と低いことがわかる。更に再生出力がほとんどゼロのヘッドでは抵抗が極めて小さく、バリにより固定層とフリー層とが短絡していることがわかった。

【0082】

(2nm)/Co90Fe10(2nm)/Ni82Fe18/(8)/Ta(3nm)を使用。

【0084】基体…厚さ2mのアルチック上にアルミナを10μm積層したものを使用。

下シールド層…厚さ1μmのCo65Ni12Fe23(組成はat%、以下同じ)を使用。

下電極層…Ta(5nm)/Au(60nm)/Ta(5nm)

上電極層…Ta (5 nm) / Au (60 nm) / Ta (5 nm)
 上シールド層…厚さ1 μmのCo₈₉Zr₄Ta₄Cr₃
 絶縁層…厚さ20 nmのアルミナ
 縦バイアス層…Cr (10 nm) / Co_{74.5}Cr_{10.5}Pt₁₅ (36 nm)
 界面制御層…なし
 下ギャップ層…なし
 上ギャップ層…なし
 上部層…なし

このヘッドを図16のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。

【0085】この際、書き込みトラック幅は3 μm、書き込みギャップは0.2 μm、読み込みトラック幅は2 μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層および固定する層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作成終了後に、200℃、5000 Oe 磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。

【0086】この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易

(1) サンプルグループAの場合

サンプルNo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV):	2.8	0	2.9	3.0	0.1	3.2	3.1	3.3	2.8	0

(2) サンプルグループBの場合

サンプルNo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV):	3.1	0	3.2	2.9	3.0	3.1	3.4	3.1	0	0

(3) 歩留まり (%)

従来例

(再生出力2.8 mV以上)

10

Aグループ

Bグループ

70

80

次に、本発明の実施例として図2に示した構造を基本構成とする構造のヘッドを作成した。

【0089】膜形成後には250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000 Oeの磁界を印加しつつ行った。ヘッドの各構成要素としては以下のものを用いた。

トンネル接合膜…Ta (3 nm) / Ni₈₂Fe₁₈ / (8) / Co₉₀Fe₁₀ (5) / Ru (0.9) / Co₉₀Fe₁₀ (5) / Al 酸化物 (2 nm) / Co₉₀Fe₁₀ (2 nm) / Pt₄₆Mn₅₄ (25 nm) / Ta (3 nm) を使用。

【0090】基体…厚さ2 μmのアルチック上にアルミナを10 μm積層したものを使用。

下シールド層…厚さ1 μmのCo₆₅Ni₁₂Fe₂₃ (組成はat%、以下同じ) を使用。

下電極層…Ta (5 nm) / Au (60 nm) / Ta (5 nm)

軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は3.0 kOe、MrTは0.35 memu/cm²とした。この際、強磁性トンネル接合膜のミリングによるパターン化を、バリア層上のCo₉₀Fe₁₀ (2 nm) / Ni₈₂Fe₁₈ / (8) / Ta (3 nm) 層のみ行ったサンプル (サンプルグループA)、バリア層まで、すなわちAl 酸化物 (2 nm) / Co₉₀Fe₁₀ (2 nm) / Ni₈₂Fe₁₈ / (8) / Ta (3 nm) 層をミリングしたサンプル (サンプルグループB) を試作した。

【0087】A、Bいずれの場合も、トンネル接合素子を構成する層のうち最上層と最下層とでパターン形状が異なり、そのパターンの面積が最上層の方が小さい構成になっている。それぞれのサンプルを10個ずつ試作した。試作したヘッドを用いて、再生出力を測定した。

【0088】測定結果を以下に示す。サンプルグループAの場合は、10個のサンプル中7個までは再生出力が2.8 mVと大きく、再生出力から見た歩留まりが70%であった。一方、サンプルグループBの場合は、10個中8個までが再生出力が2.9 mV以上と良好で、歩留まりは80%であった。上述の従来例の場合は歩留まりがわずか10%であったので、それに比べると歩留まりが飛躍的に向上したことがわかる。それぞれの場合の再生出力から見た歩留まりを下表に示した。

上電極層…Ta (5 nm) / Au (60 nm) / Ta (5 nm)
 上シールド層…厚さ1 μmのCo₈₉Zr₄Ta₄Cr₃
 絶縁層…厚さ20 nmのアルミナ
 縦バイアス層…Cr (10 nm) / Co_{74.5}Cr_{10.5}Pt₁₅ (36 nm)
 界面制御層…なし
 下ギャップ層…なし
 上ギャップ層…なし
 上部層…なし

このヘッドを図16のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。

【0091】この際、書き込みトラック幅は3 μm、書き込みギャップは0.2 μm、読み込みトラック幅は2 μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォ

トレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層および固定する層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作成終了後に、200℃、5000e磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。

【0092】この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は3.0kOe、MrTは0.35memu/cm²とした。この際、強磁性トンネル接合膜のミリングによるパターン化をバリア層まで、すなわちAl酸化物(2nm)/Co90Fe10

(1) サンプルグループCの場合

サンプルNo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV):	3.1	3.2	3.1	2.8	2.4	2.1	2.8	2.5	3.1	2.1

(2) 歩留まり (%)

(再生出力2.8mV以上)

従来例

10

Cグループ

60

次に、本発明の実施例として図3に示した構造を基本構成とする構造のヘッドを作成した。

【0094】膜形成後には250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000eの磁界を印加しつつ行った。ヘッドの各構成要素としては以下のものを用いた。

トンネル接合膜……Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Co90Fe10(5)/Ru(0.9)/Co90Fe10(5)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(2nm)/Ni82Fe18/(8)/Ta(3nm)を使用。

【0095】基体…厚さ2mのアルチック上にアルミナを10μm積層したものを使用。

下シールド層…厚さ1μmのCo65Ni12Fe23(組成はat%、以下同じ)を使用。

下電極層…Ta(5nm)/Au(60nm)/Ta(5nm)

上電極層…Ta(5nm)/Au(60nm)/Ta(5nm)

上シールド層…厚さ1μmのCo89Zr4Ta4Cr3

絶縁層…厚さ20nmのアルミナ

縦バイアス層…Cr(10nm)/Co74.5Cr10.5Pt15(36nm)

界面制御層…なし

下ギャップ層…なし

上ギャップ層…なし

上部層…なし

このヘッドを図16のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。

【0096】この際、書き込みトラック幅は3μm、書

(2nm)/Pt46Mn54(25nm)/Ta(3nm)層をミリングしたサンプル(サンプルグループC)を試作した。

【0093】トンネル接合素子を構成する層のうち最上層と最下層とでパターン形状が異なり、そのパターンの面積が最上層の方が小さい構成になっている。それぞれのサンプルを10個ずつ試作し、再生出力を測定した。測定結果、およびそれぞれの場合の再生出力から見た歩留まりを下表に示した。サンプルグループCの場合は歩留まりが60%であり、従来例の10%を大きく上回っていた。

書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は2μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層および固定する層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作成終了後に、200℃、5000e磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。

【0097】この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は3.0kOe、MrTは0.35memu/cm²とした。この際、強磁性トンネル接合膜のミリングによるパターン化を、バリア層の上のCo90Fe10(2nm)/Ni82Fe18/(8)/Ta(3nm)層のみ行ったサンプル(サンプルグループD)、及びバリア層まで、すなわちAl酸化物(2nm)/Co90Fe10(2nm)/Ni82Fe18/(8)/Ta(3nm)層をミリングしたサンプル(サンプルグループE)、並びに下地層まですなわちTa(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Co90Fe10(5)/Ru(0.9)/Co90Fe10(5)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(2nm)/Ni82Fe18/(8)/Ta(3nm)すべてをパターン化したサンプル(サンプルグループF)、更に、サンプルFに付いて下地層までパターン化し、さらに下電極の一部までミリングしたサンプル(サンプルG)を試作した。

【0098】D及びEの場合は、トンネル接合素子を構成する層のうち最上層と最下層とでパターン形状が異なり、そのパターンの面積が最上層の方が小さい構成になっている。一方、F及びGの場合は最上層と最下層とでパターン形状が同じである。それぞれのサンプルを10

個ずつ試作し、再生出力を測定した。

【0099】測定結果、およびそれぞれの場合の再生出力から見た歩留まりを下表に示した。サンプルグループD及びEの場合は歩留まりが80%と良好であり、従来例

(1) サンプルグループDの場合

サンプルNo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV):	2.9	3.2	2.9	2.8	0.2	3.1	2.9	3.1	3.1	2.1

(2) サンプルグループEの場合

サンプルNo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV):	3.1	2.8	2.9	3.2	3.1	2.9	3.2	3.1	2.4	0

(3) サンプルグループFの場合

サンプルNo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV):	2.1	0	0.2	2.8	0.1	0	3.3	0	0.1	0

(4) サンプルグループGの場合

サンプルNo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力(mV):	2.8	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0

(5) 歩留まり (%)

従来例	D	E	F	G
	グループ	グループ	グループ	グループ

(再生出力 2.8 mV 以上)	10	80	70	20	10
------------------	----	----	----	----	----

次に、本発明の実施例として図4に示した構造を基本構成とする構造のヘッドを作成した。

【0100】膜形成後には250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に500Oeの磁界を印加しつつ行った。ヘッドの各構成要素としては以下のものを用いた。

トンネル接合膜……Ta (3nm) / Pt 46Mn 54 (25nm) / Co 90Fe 10 (5) / Ru (0.9) / Co 90Fe 10 (5) / Al 酸化物 (2nm) / Co 90Fe 10 (2nm) / Ni 82Fe 18 / (8) / Ta (3nm) を使用。

【0101】基体…厚さ2mのアルチック上にアルミナを10μm積層したものを使用。

下シールド層…厚さ1μmのCo 65Ni 12Fe 23 (組成はat%、以下同じ) を使用。

下電極層…Ta (5nm) / Au (60nm) / Ta (5nm)

上電極層…Ta (5nm) / Au (60nm) / Ta (5nm)

上シールド層…厚さ1μmのCo 89Zr 4Ta 4Cr 3

絶縁層…厚さ20nmのアルミナ

縦バイアス層…Baフェライト (50nm)

界面制御層…なし

下ギャップ層…なし

上ギャップ層…なし

上部層…なし

このヘッドを図16のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデー

の10%を大きく上回っていた。それに対し、サンプルグループF及びGの場合は歩留まりが従来例と同程度であった。

タを記録再生した。

【0102】この際、書き込みトラック幅は3μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は2μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層および固定する層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作成終了後に、200℃、5000Oe磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。

【0103】この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は3.0kOe、MrTは0.35memu/cm²とした。この際、強磁性トンネル接合膜のミリングによるパターン化を、バリア層の上のCo 90Fe 10 (2nm) / Ni 82Fe 18 / (8) / Ta (3nm) 層のみ行ったサンプル (サンプルグループH)、及びバリア層まで、すなわちAl 酸化物 (2nm) / Co 90Fe 10 (2nm) / Ni 82Fe 18 / (8) / Ta (3nm) 層をミリングしたサンプル (サンプルグループI)、並びに下地層まですなわちTa (3nm) / Pt 46Mn 54 (25nm) / Co 90Fe 10 (5) / Ru (0.9) / Co 90Fe 10 (5) / Al 酸化物 (2nm) / Co 90Fe 10 (2nm) / Ni 82Fe 18 / (8) / Ta (3nm) すべてをパターン化したサンプル (サンプルグループJ)、更に、サンプルFに付いて下地層までパターン化し、さらに下電極の一部までミリングしたサンプル (サンプルK) を試作した。

【0104】H及びIの場合は、トンネル接合素子を構成する層のうち最上層と最下層とでパターン形状が異なり、そのパターンの面積が最上層の方が小さい構成になっている。又、J及びKの場合は最上層と最下層とでパターン形状が同じである。それぞれのサンプルを10個ずつ試作し、再生出力を測定した。

(1) サンプルグループHの場合

サンプルNo: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
再生出力(mV): 2.4 3.1 3.1 3.0 3.3 2.8 2.8 2.5 3.1 2.1

(2) サンプルグループIの場合

サンプルNo: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
再生出力(mV): 3.0 2.9 2.5 3.4 3.1 3.0 2.8 2.8 0.1 2.8

(3) サンプルグループJの場合

サンプルNo: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
再生出力(mV): 0 0 0.2 2.9 0.2 0.2 0 2.4 0.2 0.1

(4) サンプルグループKの場合

サンプルNo: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
再生出力(mV): 0.1 0 0.1 0 3.1 0.1 0.1 0 0 0

(5) 歩留まり (%)

従来例	H	I	J	K
	グループ	グループ	グループ	グループ
(再生出力2.8mV以上)	10	70	80	10

次に、本発明の実施例として図5に示した構造を基本構成とする構造のヘッドを作成した。

【0106】膜形成後には250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に500Oeの磁界を印加しつつ行った。ヘッドの各構成要素としては以下のものを用いた。

トンネル接合膜……Ta (3nm) / Pt 46Mn 54 (25nm) / Co 90Fe 10 (5) / Ru (0.9) / Co 90Fe 10 (5) / Al 酸化物 (2nm) / Co 90Fe 10 (2nm) / Ni 82Fe 18 / (8) を使用。

【0107】基体…厚さ2mのアルチック上にアルミナを10μm積層したものを使用。

下シールド層…厚さ1μmのCo 65Ni 12Fe 23 (組成はat%、以下同じ) を使用。

下電極層…Ta (5nm) / Au (60nm) / Ta (5nm)

上電極層…Ta (5nm) / Au (60nm) / Ta (5nm)

上シールド層…厚さ1μmのCo 89Zr 4Ta 4Cr 3

絶縁層…厚さ20nmのアルミナ

縦バイアス層…Cr (10nm) / Co 74.5Cr 10.5Pt 15 (36nm)

界面制御層…Cu (1.2nm)

下ギャップ層…なし

上ギャップ層…なし

【0105】測定結果、およびそれぞれの場合の再生出力から見た歩留まりを下表に示した。即ち、サンプルグループH及びIの場合は歩留まりが70~80%と良好であり、従来例の10%を大きく上回っていた。それに対し、サンプルグループJ及びKの場合は歩留まりが従来例と同程度であった。

上部層…なし

このヘッドを図16のような記録再生一体型ヘッドに加工およびスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。

【0108】この際、書き込みトラック幅は3μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は2μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層および固定する層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作成終了後に、200℃、500Oe磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。

【0109】この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は3.0kOe、MrTは0.35memu/cm²とした。この際、強磁性トンネル接合膜のミリングによるパターン化を、バリア層の上のCo 90Fe 10 (2nm) / Ni 82Fe 18 / (8) / Cu (1.2nm) / Cr (10nm) / Co 74.5Cr 10.5Pt 15 (36nm) 層のみ行ったサンプル (サンプルグループL)、バリア層まで、すなわちAl 酸化物 (2nm) / Co 90Fe 10 (2nm) / Ni 82Fe 18 / (8) / Cu (1.2nm) / Cr (10nm) / Co 74.5Cr 10.5Pt 15 (36nm) 層をミリングしたサンプル (サンプルグループM)、下地層まですなわちTa (3nm) / Pt

46Mn54 (25nm) / Co90Fe10 (5) / Ru (0.9) / Co90Fe10 (5) / Al酸化物 (2nm) / Co90Fe10 (2nm) / Ni82Fe18 / (8) / Cu (1.2nm) / Cr (10nm) / Co74.5Cr10.5Pt15 (36nm) 層すべてをパターン化したサンプル (サンプルグループ N)、下地層までパターン化し、さらに下電極の一部までミリングしたサンプル (サンプル O) を試作した。

【0110】L及びMの場合は、トンネル接合素子を構成する層のうち最上層と最下層とでパターン形状が異なる

(1) サンプルグループLの場合

サンプルNo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力 (mV):	1.9	2.9	2.9	3.3	3.2	3.1	2.8	0.1	2.9	2.8

(2) サンプルグループMの場合

サンプルNo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力 (mV):	2.8	2.8	2.9	2.4	3.4	3.1	2.8	2.8	0.1	1.8

(3) サンプルグループNの場合

サンプルNo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力 (mV):	0.2	0	0.2	0	0.2	0.2	3.5	0.1	0.2	0.1

(4) サンプルグループOの場合

サンプルNo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
再生出力 (mV):	0	3.1	0.1	0	0	0.1	0.1	0	2.9	0

(5) 歩留まり (%)

従来例	L	M	N	O
グループ	グループ	グループ	グループ	グループ

(再生出力 2.8 mV 以上)	10	70	70	10	20
------------------	----	----	----	----	----

次に本発明を適用して試作された磁気ディスク装置の説明をする。磁気ディスク装置はベース上に3枚の磁気ディスクを備え、ベース裏面にヘッド駆動回路および信号処理回路と入出力インターフェイスとを収めている。

【0112】外部とは32ビットのバスラインで接続される。磁気ディスクの両面には6個のヘッドが配置されている。ヘッドを駆動するためのロータリーアクチュエータとその駆動及び制御回路、ディスク回転用スピンドル直結モータが搭載されている。ディスクの直径は46mmであり、データ面は直径10mmから40mmまでを使用する。埋め込みサーボ方式を用い、サーボ面を有しないため高密度化が可能である。

【0113】本装置は、小型コンピュータの外部記憶装置として直接接続が可能になっている。入出力インターフェイスには、キャッシュメモリを搭載し、転送速度が毎秒5から20メガバイトの範囲であるバスラインに対応する。また、外部コントローラを置き、本装置を複数台接続することにより、大容量の磁気ディスク装置を構成することも可能である。

【0114】

【発明の効果】本発明の適用により、従来例と比較して再生信号出力面から見た歩留まりが飛躍的に優れた磁気抵抗効果センサ、磁気抵抗効果ヘッド、および記録再生

り、そのパターンの面積が最上層の方が小さい構成になっている。一方、N及びOの場合は最上層と最下層とでパターン形状が同じである。それぞれのサンプルを10個ずつ試作し、再生出力を測定した。

【0111】測定結果、およびそれぞれの場合の再生出力から見た歩留まりを下表に示した。サンプルグループL及びMの場合は歩留まりが70~80%と良好であり、従来例の10%を大きく上回っていた。それに対し、サンプルグループN及びOの場合は歩留まりが従来例と同程度であった。

システムを得ることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明に係る強磁性トンネル接合ヘッドの第1の具体例の構成を説明する断面図である。

【図2】図2は、本発明に係る強磁性トンネル接合ヘッドの第2の具体例の構成を説明する断面図である。

【図3】図3は、本発明に係る強磁性トンネル接合ヘッドの第3の具体例の構成を説明する断面図である。

【図4】図4は、本発明に係る強磁性トンネル接合ヘッドの第4の具体例の構成を説明する断面図である。

【図5】図5は、本発明に係る強磁性トンネル接合ヘッドの第5の具体例の構成を説明する断面図である。

【図6】図6は、従来の強磁性トンネル接合ヘッドの構成の例を示す断面図である。

【図7】図7は、本発明に係る強磁性トンネル接合ヘッドの第1の具体例の構成を説明する平面図である。

【図8】図8は、本発明に係る強磁性トンネル接合ヘッドの第2の具体例の構成を説明する平面図である。

【図9】図9は、本発明に係る強磁性トンネル接合ヘッドの第3の具体例の構成を説明する平面図である。

【図10】図10は、本発明に係る強磁性トンネル接合ヘッドの第4の具体例の構成を説明する平面図である。

【図11】図11は、本発明に係る強磁性トンネル接合

ヘッドの第5の具体例の構成を説明する平面図である。

【図12】図12は、本発明に係る第1の具体例の強磁性トンネル接合ヘッドの作成手順を示す平面図である。

【図13】図13は、本発明に係る第2の具体例の強磁性トンネル接合ヘッドの作成手順を示す平面図である。

【図14】図14は、本発明に係る第3及び第4の具体例の強磁性トンネル接合ヘッドの作成手順を示す平面図である。

【図15】図15は、本発明に係る第5の具体例の強磁性トンネル接合ヘッドの作成手順を示す平面図である。

【図16】図16は、本発明に係る強磁性トンネル接合ヘッドを適用した記録再生ヘッドの概念図。

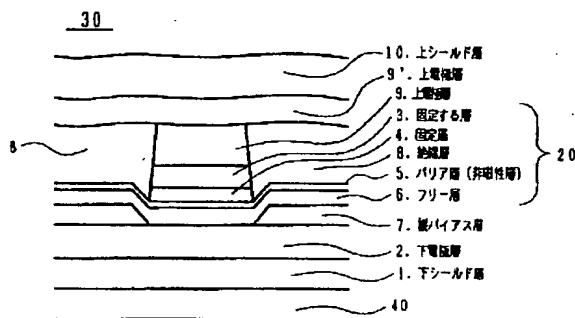
【図17】図17は、本発明の強磁性トンネル接合ヘッドを用いた磁気記録再生装置の構成の一例を示す斜視図である。

【符号の説明】

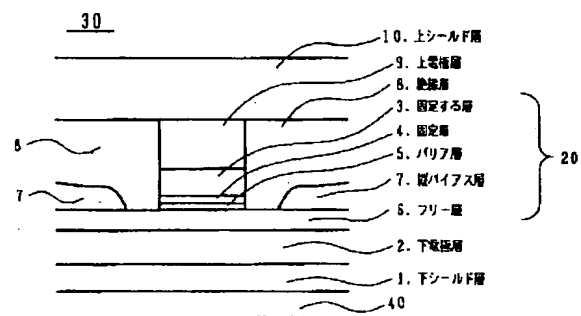
- 1…下シールド層
- 2…下電極層
- 3…固定する層
- 4…固定層
- 5…非磁性層、バリア層

- 6…フリー層
- 7…縦バイアス層
- 8…絶縁層
- 9…上電極層
- 10…上シールド層
- 11…界面制御層
- 20…磁気抵抗効果膜、強磁性トンネル接合膜
- 30…強磁性トンネル接合ヘッド
- 41…コイル
- 42…基板
- 43…磁極
- 44…上磁極
- 45…再生ヘッド
- 46…ABS面
- 50…記録ヘッド
- 51…再生ヘッド
- 52…ヘッドスライダを兼ねる基板
- 53…記録媒体
- 54…媒体からの漏れ磁界
- 60…磁気記録再生装置

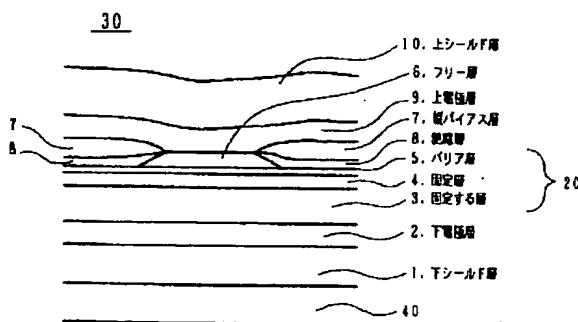
【図1】



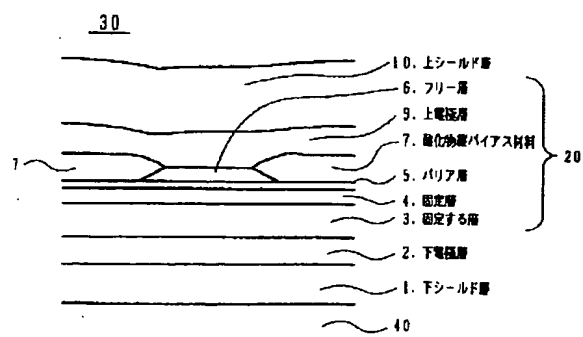
【図2】



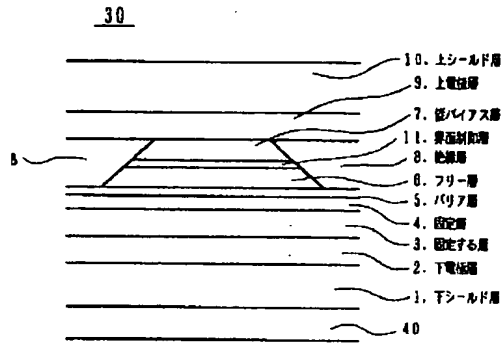
【図3】



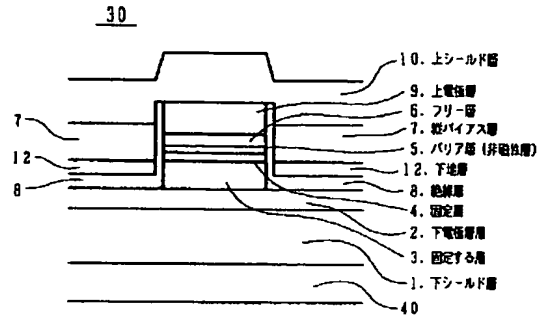
【図4】



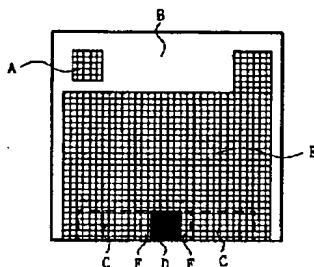
【図 5】



【図 6】

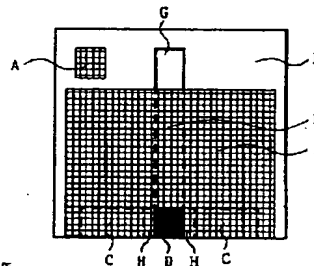


【図 7】



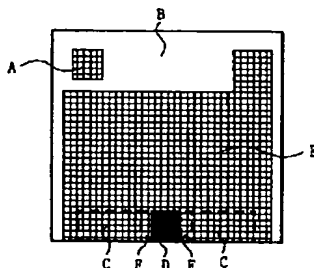
A シールド/下電極
B シールド/下電極/フリー層/バリア層/絶縁層
C シールド/下電極/絶縁層/バリア層/フリー層/バリア層/絶縁層/上電極/上シールド
D シールド/下電極/フリー層/バリア層/固定層/固定する層/上電極/上シールド
E シールド/下電極/フリー層/バリア層/絶縁層/上電極/上シールド
F シールド/下電極/フリー層/バリア層/絶縁層/上電極/上シールド

【図 8】



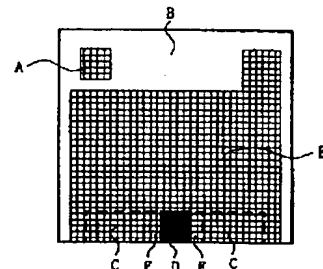
A シールド/下電極
B シールド/下電極/フリー層/バリア層/絶縁層
C シールド/下電極/フリー層/絶縁層/バリア層/上シールド
D シールド/下電極/フリー層/バリア層/固定層/固定する層/上電極/上シールド
E シールド/下電極/フリー層/バリア層/絶縁層/上シールド
F シールド/下電極/フリー層/バリア層/絶縁層/上電極/上シールド
G シールド/下電極/フリー層/バリア層/絶縁層/上電極
H シールド/下電極/フリー層/絶縁層/上シールド

【図 9】



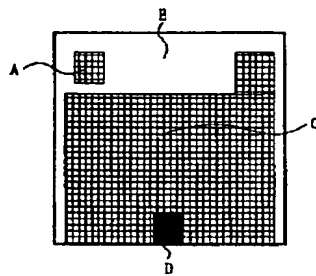
A シールド/下電極
B シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/絶縁層
C シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/絶縁層/バリア層/上電極/上シールド
D シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/フリー層/上電極/上シールド
E シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/絶縁層/上電極/上シールド
F シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/フリー層/絶縁層/絶縁層/バリア層/上電極/上シールド

【図 10】



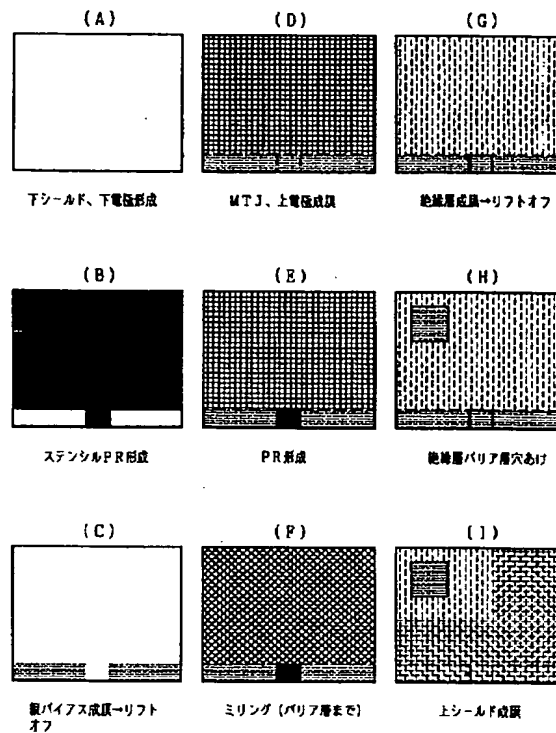
A シールド/下電極
B シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/絶縁層
C シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/絶縁層/バリア層/上電極/上シールド
D シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/フリー層/上電極/上シールド
E シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/絶縁層/上電極/上シールド
F シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/フリー層/絶縁層/バリア層/上電極/上シールド

【図 11】

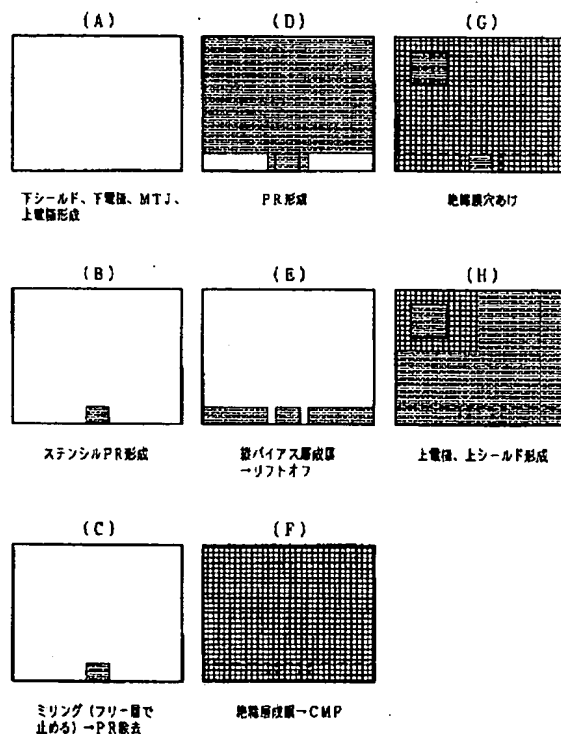


A シールド/下電極
 B 下シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/絶縁層
 C 下シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/絶縁層/上電極/上シールド
 D 下シールド/下電極/固定する層/固定層/バリア層/フリー層/表面抵抗層/假バイアス層/
 上電極/上シールド

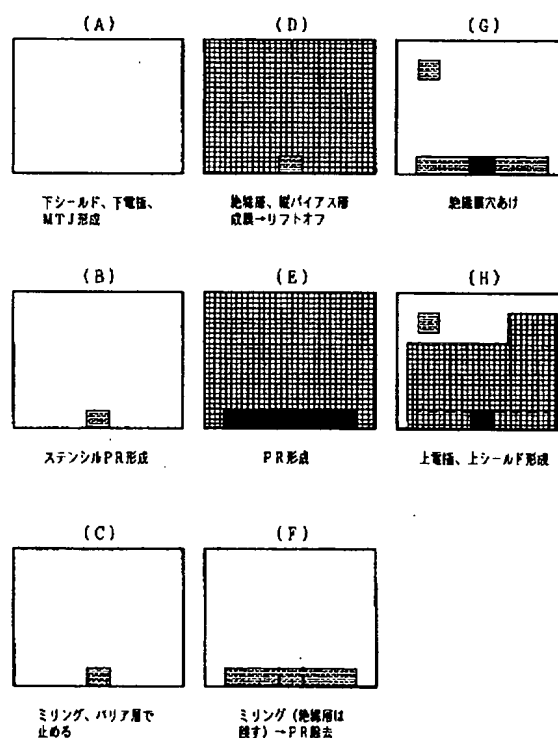
【図 12】



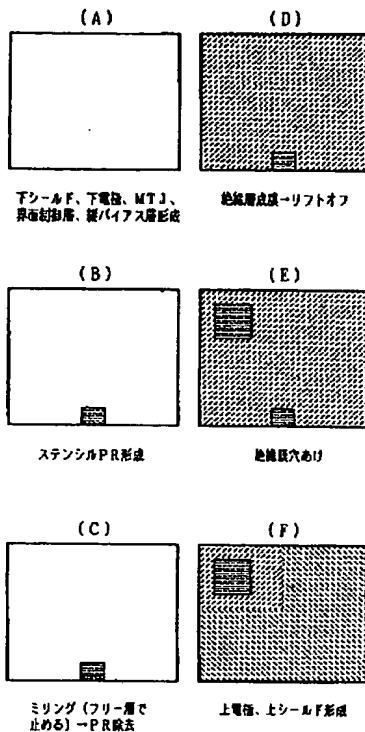
【図 13】



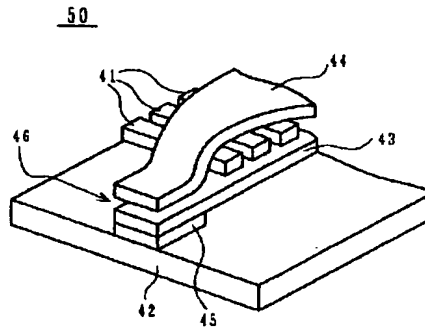
【図 14】



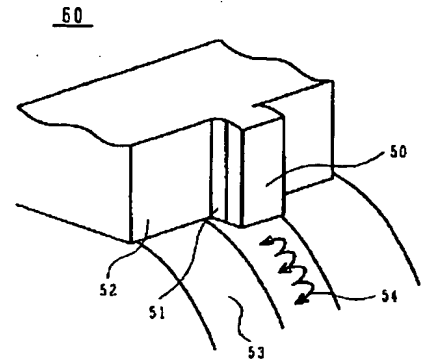
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(72)発明者 石綿 延行
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 中田 正文
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 石 勉
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 本庄 弘明
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 石原 邦彦
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 藤方 潤一
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 松寺 久雄
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 柘植 久尚
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 上條 敦
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

Fターム(参考) 5D034 BA03 BA09 BA15 BB08 BB12
DA07

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.